

九十一學年度 生命科學院四所 碩士班研究生招生考試

科目 近代物理 科號 1002 共 2 頁第 1 頁 *請在電腦卡及試卷【答案卷】內作答

一、是非題（每題 3 分，請在電腦卡上作答，A 代表「是」，B 代表「非」）：

- 在古典力學裡，如果假設彈簧遵守虎克定律，則它最穩定的態當然是動能和位能同時都為零；但是到了量子力學，由於測不準原理，如果彈簧沒有位能（既沒伸長，也沒縮短，以致位移沒有不準度），則動量（動能）會很不準（也就是動能會很大），因此兩者需要折衷，而導致非零的基態能量。
- 量子力學描述的是細微尺度下的行為，而相對論則是速度很快的情況，兩者不同，所以薛丁格方程式(Schrodinger equation)是不滿足相對論的。
- 在量子力學裡，代表動量的算符是 $\frac{1}{i} \frac{d}{dx}$ ，但是由於動量是個可以測量的實數，所以波函數一定不能是 x 的實函數，否則被此動量算符作用後，豈不得到虛的動量。
- 在量子力學裡，我們強調同一種類的量子粒子的「不可區分」，你不覺得有點奇怪嗎？例如清大生科系辦公室電腦裡的電子和美國國會裡的電子，怎麼可能會分不清誰是誰？可見這個「不可區分」的性質只有在粒子離得很近時，才會實際影響到物理量的測量（至於多近才能叫夠近，那就再說吧）。
- 如果一個波函數不是系統的 eigenfunction，則它在空間的機率分佈會隨時間而改變，能量期望值也會逐漸減低到最近的 eigenenergy。
- 想知道一個物理量 $\langle \hat{\Omega} \rangle$ 是否守恆（即是否會不隨時間改變），只要把它的量子力學算符拿來，看是否和系統的 Hamiltonian 對易(commute)？（即檢查 $[\hat{H}, \hat{\Omega}] = \hat{H}\hat{\Omega} - \hat{\Omega}\hat{H}$ 是否等於零？）如果是的話， $\langle \hat{\Omega} \rangle$ 則守恆。

二、選擇題（單選，每題 4 分，請在電腦卡上作答）：

- 量子穿隧(tunnelling)是個很有趣的現象，它說即使當粒子的能量比起位障(energy barrier)低，但是可以有非零的機率穿過。那麼為什麼你無法穿過這個試場的牆壁？那是因為(A)撞的力氣還不夠大，(B)量子穿隧只適用於小物體，(C)撞的次數還不夠多，(D)要扯到渾沌(chaos)理論才能解釋，(E)以上皆非。
- 兩個電子的總自旋 S 可以是 1(叫 triplet)或 0(叫 singlet)，其中 $|S=1, S_z=0\rangle$ 的自旋態對應到什麼樣的 $|S_{1z}, S_{2z}\rangle$ 組合？(A) $|\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle$, (B) $|\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\rangle$, (C) $|0, 0\rangle$, (D) $|\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle + |-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\rangle$, (E)以上皆非。
- 狹義相對論在近代物理的發展上，革命性地改變我們對於時空的認識，而其中有關光速不隨慣性座標系而變的假設是由(A)Einstein 本人(B)Michelson and Morley, (C)Davidsson and Germer, (D)Franck and Hertz, (E)其實是國父孫中山先生，實驗證實的。
- 如果把無窮位能井的寬度減半，電子在其間的能階能量(eigenenergies)會(A)減半，(B)減為原來的 1/4, (C)增倍，(D)增為原來的 4 倍，(E)以上皆非。
- Stern and Gerlach 的實驗觀察到(A)原子電子的能量是不連續的，(B)軌道角動量量子化，(C)電子具有量子化的自旋，(D)電子具有波動性，(E)以上皆非。

- 6 定義位能井： $V(x) = \begin{cases} -V_0, & 0 \leq x \leq L \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$ ，如果 L 不變，但是把井變淺（即把正數 V_0 變小），則基態能量會(A)降低,(B)升高,(C)不變,(D)要看 V_0 變得多小，因為有可能基態根本就變得不存在了,(E)以上皆非。
- 7 測不準原理告訴我們位置和動量無法同時被量的很準，但是一隻被捏死的螞蟻，位置總不再改變，怎麼可能會量不準？(A)螞蟻一旦被捏死，波函數也跟著改變，這叫 wavefunction collapse，因此不再滿足測不準原理,(B)螞蟻太大，不適用描述細小東西的量子力學,(C)測不準原理還是適用，只是 $\hbar$ 的尺度太小，不容易看出來,(D)螞蟻的手腳可能還在抽搐，所以動量仍有不準度,(E)要看有沒有風。
- 8 He^+ 氦離子的電子從 $n=3$ 躍遷到 $n=1$ 態時，會放出多大能量（以 13.6eV 作單位）的光子？(A) $\frac{8}{9}$, (B) $\frac{16}{9}$, (C) $\frac{32}{9}$, (D) $\frac{8}{3}$, (E) 以上皆非。
- 9 量子力學之所以會發展，當初的主要動機是為了能解釋實驗上歸納出的黑體輻射性質，其中的 Stefan's law 敘述單位黑體表面積在每秒輻射出的能量和黑體的溫度(A) T , (B) T^2 , (C) T^3 , (D) T^4 , (E) 以上皆非。
- 10 在 Bohr 的氫原子模型中，電子在第二激發態時 ($n=3$) 的軌道角動量為 $3\hbar$ ；若依據量子力學，電子在 $3d$ 狀態下的軌道角動量為(A)仍為 $3\hbar$, (B) $2\hbar$, (C) $\sqrt{6}\hbar$, (D) $\sqrt{2}\hbar$, (E) 以上皆非。
- 11 下列對光電效應的敘述何者為非？(A) 照射光波之頻率越大，光電子的最大動能也越大,(B) 光電流的強度與照射光波之頻率成正比,(C) 照射光波之頻率低於某依特性頻率時，光電流為零,(D) 特性頻率與材料功函數有關,(E) 以上皆非。
- 12 當原子在磁場作用下，其原來之單一波長原子光譜線會分裂成許多較細的光譜線，此一現象稱為(A) Zeeman effect, (B) Compton effect, (C) Casimir effect, (D) tunnel effect, (E) 以上皆非。
- 13 下列氫原子光譜線，何者不可能存在？(A) $3s \rightarrow 2p$, (B) $4f \rightarrow 3d$, (C) $3p \rightarrow 1s$, (D) $3s \rightarrow 2s$, (E) 以上皆非。
- 14 在三維的金屬中，費米能量(Fermi energy)和電子密度 n 的幾次幂成正比？(A) $\sqrt{n}$, (B) n , (C) $n^{3/2}$, (D) 有關的應該是電子數目，不是密度,(E) 以上皆非。
- 15 在 DeBroglie 的假說裡，粒子性（動量）和波性（波長）只是一體的兩面，那為什麼大象在走路時，一點都不像波？(A) 波長太長,(B) 波長太短,(C) 如果你看對地方（例如肚子附近），波性其實很顯著,(D) DeBroglie 的假說不適用於大型哺乳類動物,(E) 以上皆非。

三、申論題（每題 11 分）

- 1 請解釋為什麼在量子力學裡會冒出原本古典力學沒有的測不準原理？又為什麼需要把待測的物理量改成算符(operator)的形式？
- 2 用 ϕ_n 和 ε_n 代表系統 Hamiltonian 的 eigenfunctions 和 eigenvalues，如果在時間 $t=0$ 時給定任意一波函數 $\psi(x, t=0)$ ，請你告訴我在未來的時刻 $t \neq 0$ ， $\psi(x, t)$ 會變成怎樣？也就是問你波函數在時間上如何演化？